

Приведены результаты разработки и исследования аппаратуры для измерения энергетических характеристик оптического излучения.

УДК 621.384.327

Е.П. Тимофеев, канд. техн. наук .
 ННЦ "Институт метрологии"

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АППАРАТУРЫ ДЛЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Введение

До сих пор в Украине в эксплуатации находятся измерители энергетических характеристик оптического излучения разработки и выпуска девяностых годов прошлого столетия. Естественно, этот парк средств измерительной техники физически и морально устарел. В Украине сложилась ситуация, когда аппаратура для проведения светотехнических измерений, в основном, закупается за рубежом. Поэтому все актуальнее становится задача по разработке средств измерительной техники в области измерения энергетических характеристик оптического излучения [1].

Цель проведенной работы – разработка и исследование измерителей энергетических характеристик оптического излучения для осуществления модернизации средств измерительной техники в данной области измерения.

При проведении данной работы были поставлены и решены задачи разработки конкурентоспособных средств измерительной техники в области измерения энергетических характеристик оптического излучения.

Содержание работы

Для решения поставленной задачи первоначально был разработан аналоговый измеритель мощности коллимированного оптического сигнала с кремниевым фотоприемником типа ФД-24К. При разработке измерителя мощности коллимированного оптического сигнала было использовано включение фотоприемника в фотодиодном режиме, что позволило существенно упростить оптическую часть измерителя. В измерителе мощности коллимированного оптического сигнала использован фотоприемник без светофильтров и системы оптического ослабления.

Такое построение измерителя позволяло измерять энергетические характеристики коллимированного оптического сигнала в диапазоне мощностей от 300 до 0,03 мВт в диапазоне длин волн 0,45–1,06 мкм с погрешностью не более 10%. Внешний вид разработанного измерителя представлен на рис. 1.

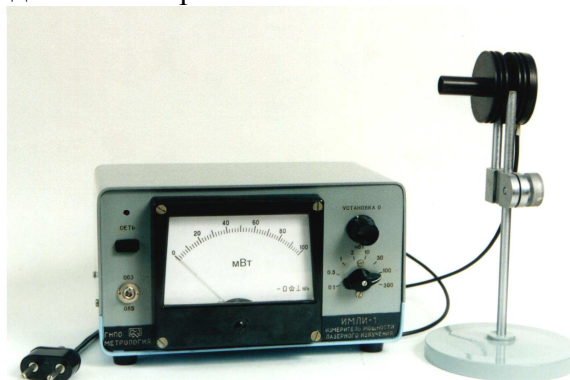


Рис 1. Аналоговый измеритель мощности коллимированного оптического сигнала

Были проведены исследования трех разработанных измерителей. Исследования метрологических характеристик разработанных измерителей показали, что основными составляющими погрешности измерений являются погрешность за счет зонной характеристики приемника, погрешность за счет нелинейности индикационного устройства и погрешность за счет нелинейности преобразования, особенно для больших уровней оптического излучения. Анализ проведенных исследований показал, что дополнительная погрешность за счет зонной характеристики не превышает 5%. Однако, влияние зонной характеристики нельзя учесть как систематическую погрешность, так как она также изменяется и при изменении мощности входного сигнала. Дополнительная погрешность за счет влияния изменения плотности излучения не превышает 4%. Погрешность за счет нелинейности индикационного устройства достигает 5%. Очевидно, что, несмотря на основное достоинство разработанного измерителя – оперативность и простота измерений, как и все аналоговые измерители, он имеет ряд неустраняемых недостатков.

В дальнейшем, для устранения недостатков разработанного аналогового измерителя, а также для расширения рабочего диапазона был разработан и исследован измеритель мощности коллимированного оптического сигнала с цифровой индикацией и встроенным оптическим ослабителем. Внешний вид разработанного измерителя представлен на рис. 2.



Рис 2. Измеритель мощности коллимированного оптического сигнала с цифровой индикацией

Для уменьшения погрешности измерений за счет влияния зонной характеристики в измерителе применен входной интегратор на основе молочного стекла МС-13 толщиной около 2мм. Для расширения рабочего диапазона в сторону больших уровней оптической мощности в измерителе применен ослабитель оптического излучения. Учитывая спектральную чувствительность применяемого фотоприемника, для выравнивания спектральной характеристики прибора в качестве ослабителя был использован светофильтр из комбинации оптического стекла НС-13 и СЗС-9. При этом коэффициент ослабления комбинированного светофильтра можно изменять от 1 до 3 Белл. Проведенные исследования показали возможность формирования постоянной спектральной характеристики измерителя в наиболее востребованном диапазоне частот от 0,63 мкм до 0,85 мкм с погрешностью, не превышающей 5%-10%. Цифровой измеритель позволяет измерять мощность коллимированного оптического сигнала в диапазоне от 2000 до 0,01 мВт в диапазоне длин волн 0,45–1,06 мкм с погрешностью не более 10%, при этом входная апертура приемника не превышает 10 мм.

Однако, для проведения светотехнических измерений часто требуются измерители энергетических характеристик с входной апертурой приемника, значительно превышающей выше приведенное значение. Для обеспечения проведения таких измерений дополнительно цифровой измеритель может комплектоваться волоконнооптическими фоконными преобразователями, позволяющими обеспечить входную апертуру приемника до 500мм. Внешний вид таких преобразователей показан на рис.3 и 4.



Рис 3 и 4. Волоконнооптические фоконные преобразователи входной апертуры.

Для измерения энергетических характеристик светодиодов измеритель может комплектоваться фотометрической сферой.

Использование в качестве ослабления цифрового измерителя комбинированного светофильтра на основе набор оптических стекол типа СЗС, ЗСС и ЖСС позволяет создать компактный фотометр-люксметр, а комбинированного светофильтра на основе набора оптических стекол типа СС и СЗС – измеритель коэффициента циркадной эффективности [2].

Замена используемого кремниевого фотоприемника на фотоприемный модуль PD-1375-ir фирмы «ФТИ-оптроник» (Россия) позволило создать достаточно удобный измеритель для волоконнооптических линий связи (ВОЛС). Эта замена позволила измерять энергетические характеристики оптического излучения в спектральном диапазоне 1,3-1,6 мкм. Внешний вид такого преобразователя показан на рис.5 .



Рис 5. Фотоприемный модуль PD-1375-ir.

Дальнейшее расширение рабочего спектрального диапазона измерителя возможно при переходе на калориметрические приемные преобразователи [3, 4]. При этом становится возможным измерение энергетических характеристик оптического излучения в спектральном диапазоне 0,3–12 мкм. Внешний вид такого преобразователя показан на рис. 6 и 7. Внешний вид калориметрического измерителя показан на рис. 8 и 9.

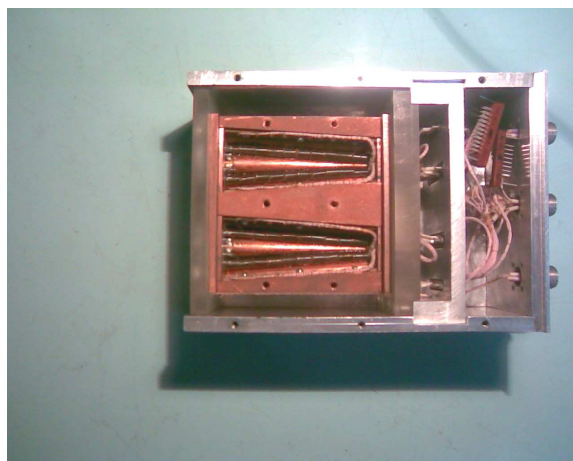


Рис 6 и 7. Калориметрический измерительный преобразователь

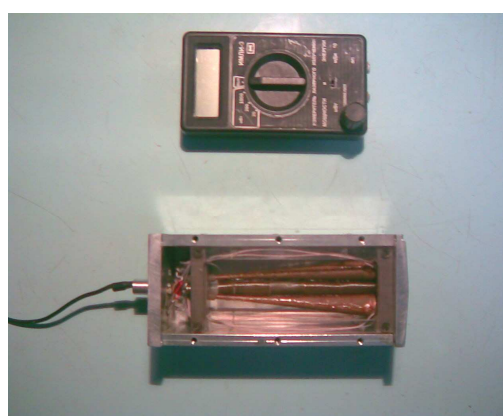


Рис 8 и 9. Калориметрический измеритель.

Основные технические характеристики разработанных измерителей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные технические характеристики измерителей

Основные технические характеристики	Аналоговый	Цифровой	Широкоапертурный	Для ВОЛС	Калориметрический
Спектральный диапазон измерителя, мкм	0,45–1,06	0,45–1,06	0,45–1,06	1,3-1,6	0,3–12
Диапазон измеряемых мощностей, мВт	0,03 - 300	0,01 - 2000	$1 - 2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^{-5}$ -2	1 – 2000
Входная приемная апертура, мм	8	10	До 500	-	8-15
Предел допускаемой основной погрешности измерителя при доверительной вероятности 0,95 %, не более	10	10	12	10	5
Предел допускаемой дополнительной погрешности измерителя в рабочем интервале температур не превышает, %	2	2	2	2	2

Продолжение табл. 1

Время, необходимое для подготовки измерителя к работе, мин, не более	30	1	1	1	5
Время установления показаний измерителя, с, не более	1	1	1	1	120
Длины волн при калибровке измерителя, мкм	0,63; 0,85	0,63; 0,85	0,63; 0,85	1,3; 1,55	0,63; 0,85; 10,6

Выводы

В результате проведенной работы были поставлены и решены задачи разработки конкурентоспособных средств измерительной техники как в области измерения энергетических характеристик оптического излучения, так и в области светотехнических измерений. Характеристики разработанных приборов находятся на уровне зарубежных аналогов, а по ряду параметров превосходят их.

Литература

1. Тимофеев Е.П. Метрологическое обеспечение в области энергетической лазерометрии //Український метрологічний журнал. – N1. – 2007. – с.29-33.
2. Назаренко Л.А., Иоффе К.И., Тимофеев Е.П. Оценка биологического действия света // Світлотехніка та електроенергетика. - №3-4.- 2007. -с.4-10.
3. Кузьмичев В.М., Соловьев В.С., Зинченко Н.И., Тимофеев Е.П. Калориметрический измерительный преобразователь // Патент України N 21494 від 7.05.98.
4. Тимофеев Е.П. Калориметричний вимірювальний перетворювач. // Патент України N 85419 від 26.01.2009.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АППАРАТУ ДЛЯ СВІТЛОТЕХНІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Є.П. Тимофеев

Приведені результати розробки і дослідження апаратури для вимірювання енергетичних характеристик оптичного випромінювання.

THE DEVELOPMENT AND RESEARCH OF APARATUS FOR LIGTING TECHNOLOGY MEASURING

E.P. Timofeev

The results of apparatus development and research are produced for measuring of power descriptions of optical radiation.